PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number:

2003-057691

(43) Date of publication of application: 26.02.2003

(51)Int.CI.

G02F 1/35 HO1S 3/094 HO1S H04B 10/02 H04B 10/16 H04B 10/17 H04B 10/18 H04J 14/00 H04J 14/02

(21)Application number: 2001-244798

(71)Applicant: FUJITSU LTD

(22)Date of filing:

10.08.2001

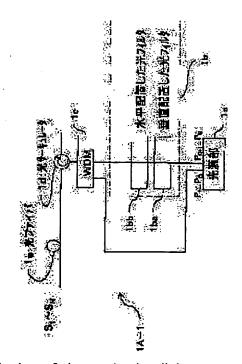
(72)Inventor: TANAKA TOSHIKI

NAITO TAKAO

(54) RAMAN AMPLIFIER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress transmission characteristic deterioration due to linear crosstalk and nonlinear crosstalk while making transmission capacity to be mass as a device to be mixed within a band where signal light and excitation light exist in a Raman amplifier suitable to be used in an optical transmission system. SOLUTION: This Raman amplifier for amplifying wavelength multiple signal light obtained by applying wavelength multiplexing to a plurality of pieces of signal light with information superimposed thereon is provided with a light source part 1a for generating excitation light. where a plurality of kinds of wavelengths are arranged including the band of the wavelength multiple signal light, for amplifying the wavelength multiple signal light, a transmission path 1e for propagating the wavelength multiple signal light and the excitation light from the light source part and amplifying the wavelength multiple signal light, excitation light supplying means 1c and 1d for supplying the excitation light to the transmission path,



and also a filtering means 1b for narrowing spectrum broadening of the excitation light arranged within the wavelength band of the wavelength multiple signal light and outputting the narrowed spectrum broadening to the excitation light supplying means.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

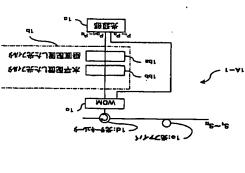
多機能印刷 FinePrint 2000 試用版 http://www.nsd.co.in/share/

(11)特許出頭公司番号 特別2003—57691 (P2003—57691A)	平成16年2月26日(2003.2.26)	F-12-1 (\$24)	501 2K002	Z 5F072	67073
(3) (4) (2) (4) (4) (4) (4) (4) (4) (4) (4) (4) (4	平成15		مَا		
(¥)	(3)公開日	٤.	1/35	3/30	2/14
(y) 群		P 1	GOZF	H018	
特許公			U	_	
华					
(12) 会開					
CIS 7		拉斯紀	501		
(J.P.)				-	
新作			<u>5</u>	3/094	3/30
(18) 日本国物路庁 (J P)		(51) Int Ca.	G02F	H01S	

(51) Int.C.	42000	(\$=\$), \-1-12-4
G02F 1/35	501	G02F 1/35 501 2K002
H01S 3/094		H01S 9/30 Z 5F072
3/30		5/14 6 P O 7 3
5/14		H04B 9/00 J 5K002
H04B 10/02		×
	を登り	未崩末 酌水項の数5 〇L(全 19 頁) 最終頁に成く
(21) 出國各爭	(\$10001 - 24478(P2001 - 24479)	(71)出版人 00005223
ri mani strange		古士和株式会社
HE1117 (722)	平成13年8月10日(2001.8.10)	存务// 10.10.10.10.10.10.10.10.10.10.10.10.10.1
		(72) 猪蚜者 田中 俊俊
		种农加风川角市中原区上小田中4丁目1番
	•	1号 富士副株式会社内
		(72) 宏明な 内閣 原母
		神农川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
		1号 富士超株式会社内
		(74) 代型人 100092378
		弁理士 其田 有
		一つの作用に扱く

カトン粒合図 (54) [発明の名称]

首相器において、信号光及び励起光がある帯域内に固在 「収點」 先伝送システムにおいて用いて好遊なラマン させる配因として伝送容量の大容量化を図りつつ模形ク ロストークおよび非徴形クロストークによる伝送特性の (存正有) 名化を哲歴する。 [解決手段] 情報を載せた複数の信号光が液長多量され た彼氏多瓜信号光を増幅するラマン増幅器であって、彼 長多瓜佰母光の部域を含んで複数種類の波長が配配され て、彼母多虫信母光を増幅するための固起光を生成する 光辺師18と、波長多虫信号光ねよび光辺部からの励起 **励起光を伝送路に供給する励起光供給手段1c.1dと** をそなえるとともに上記波長多度信号光の波長帯域内に 配収された固組光のスペクトル広がりを狭くし岐励組光 供給手段に出力するフィルタ手段1bをそなえて梯成す 光を伝散して徴長多虫信号光を均幅する伝送路1 e と、



的水項1 】 情報を載せた複数の個母光が波長多属さ [特許的状の範囲]

を生成する光쟁部と

放光原師にて生成された励起光について、上配放長多瓜 がりを狭くして敵励起光供給手段に出力するフィルタ手 段をそなえて榻成されたことを特徴とする、ラマン増畑 命与光の彼兵都協力に配置された励起光のスペクトル氏

「的灾吗2」 散光顔部が、敷液長多血信号光の波長帯 域外に配置された第2励起光を生成する第2励起光弧と 域内に配回された第1節超光を生成して散フィルタ手段 に出力する第1励起光顔と、散波長多型信号光の波長榕

数励起光供給手段が、数フィルタ手段にてスペクトル広

「間水項4】 情報を載せた複数の信号光が波長多盟さ 上配波長多瓜信号光の荷域を含んで複数短期の波長が配 **配されて、上記波長多宜信号光を増幅するための励起光** れた彼長多以信号光を増幅するラマン増幅器であって、

\$

上記波長多度個号光および散励起光供給手段からの励起 光を伝搬して上配波長多無信号光を悄仰する伝送路とを そなえるとともに、

する可変制御手段をそなえて構成されたことを特徴とす 放光淑部にて生成される励起光の波長について可変制御

8

上配波長多位信号光の帯域を含んで複数粗類の彼長が配 **配されて、上記彼長多魚信号光を増幅するための励起光** hた彼氏多血信与光を位信するシャン位信仰にあった、

上田波長多里信号光および散光調節からの面超光を伝数 して上記彼長多重信号光を増幅する伝送路と、 上記励超光を散伝送路に供給する励超光供給手段とをそ

なえるとともに、

をそなえるとともに、

放励起光供給手段が、散フィルタ手段にてスペクトル広 かりが狭くされた上記第1励起光と、敵算2励起光쟁か 5の上記第2励起光とを合故する合故器と、岐合改器に て合波された励起光を後方励起光として上記伝送路に供 拾する第1光学手段とをそなえて格成されたことを特徴 とする、前水項1記載のラマン均協器。

(前來項3) 数光函節が、散波長多盘信号光の波長符 成外に配配された第2励起光を生成する第2励起光弧と 域内に配図された第1励起光を生成して散フィルタ手段 に出力する第1個起光微と、散波長多皿倡与光の波長帯 をそなえるとともに、

R

Asian Multiplex) 名伝送方式が注目されている。

かりが狭くされた上記第1励起光を削方励起光として上 記波長多度信号光に合放させる第2光学手段と、 敞算2 動起光弧にて生成された上記第2 励起光を役方励起光と して上配伝送路に供給する第3光学手段とをそなえて格 **或されたことを特徴とする、耐水項1配銭のラマン増幅**

を生成する光顔部と、

上記励起光を放伝送路に供給する励起光供給手段と、

物理2003-57691

3

「館水項5」 散可変制御手限が、上町励組光の被扱べ とを特長とする、前水項4配銭のラマン物位器。 [発明の詳細な説明]

0001

母を粗気信号に変換し、retiming (リタイミング) 、re エネレイティング)を行なり先再生中韓国を用いて伝送 「発明の四する技術分野」本発明は、光伝送システムに 「従来の技術」従来、最極弱の光伝送システムでは先信 を行っていた。現在では光信号を配気信号に変換するこ shaping (リシェイピング) およびregenerating (リシ Bいて用いて好凶な、ラマン均低器に関するものであ [0002] ន

となく均幅して中間する光増協路の英用化が過んできて 89、光均偽器を包形中間器として用いる光均信中間伝

治方式が検討されている。

2

用いられている光耳生中韓闘を、上述のどと8段形中韓 器としての光均倍中粧器に図き換えることにより、中穏 もに大幅なコストダウンが見込まれる。また、近年のネ うな光伝送システムの大容量化を央現する手法のひとつ として、1つの伝道略に2つ以上の異なる波虫をはつ先 個号を多度して伝送する彼長多瓜(WIN:Wavelength Di 【0003】 すなわち、このような光伝送システムにて 四内の部品点数を大幅に削減し、価値性を陥保するとと 光伝送システムの大容量化が要求されているが、このよ ットワークを介して伝送される位仰型の柏加に伴って、

幅器を用いて2つ以上の異なる彼長を持つ光信号を電気 あり、簡素で使コストな格成で、大谷虹かし段田的伝送 を英現することが可能である。ところで、上述の先増44 中雄伝送システムの中報器としては、例えばエルピウム **旧号に変換することなく一括して竹組することが可能で** 等(C-band)が用いられ、また、利容的域を収斂扱くソフ 1. 58 μm部(L-band)が用いられる。上述のEDFA GS **号光波長荷城を併用することにより、80mm以上の符** 組み合わせた町東沿衛衛中群伝送方式においては、光均 る。EDFAの利仰波長部域としては、例えば1.55μm [0004] MONSENS 方式之光切如中磁伝送方式之を トしたG-EUFA (Gain shifted-EUFA)の利仰波兵部域は ドーンファイン台信仰 (EDFA)が一般的に用いられてい り、C-bandはよびL-band向け合分波器を用いて2つの目 Bra、ずれにおいても30nm以上の波及奇域組があ はを欠収することも可能である。

[0005] ところで、大容徴長距回伝送システムを攻 が、この広帯域化を実現するために、近年、ラマン (Ra ァイバに励起光を与えることにより、その励起光の徴扱 することが盛んに彼时されている。ラマンが幅は、先フ ran)飲料を利用するラマン物類類を中離母として適用 男するためには信号光波及帯域幅の拡大が回受である

8

特開2003-57691

ば、1. 45ヵm帯の励起光波長に対し、そのラマン利 数よりも約13.2THz小さい国波数を利得ピーク光 **毎ピーク被長は約100nmシフトとした1.55mm** よりも長波長剛に利得が得られるものである。励起光を 与える光ファイバの組成によって、例えば、励起光周波 周波数とすることができる。波長に換算すると、例え

ンシフト周波数を考慮して励起光波長を散定することが いて、「Y. Emori, et al., "100rm bandwidth flat gain Raman amplifiers pumped and gain-equalized b v 12- wavelength-channel WDM high power laser diod により、その利仰波長帯域幅として100m 粗度を暗 盤野であるが、異なる発版中心被長を持つ複数の励起光 を用いることにより、ラマン増幅の利得波長特性を平坦 化することも可能である。たとえば、ラマン増幅器にお)に、励起光パワーおよびその発振波長を開整すること において増幅機能を実現するためには、このようなラマ [0008] ラマン増幅において要求された信号光波長 OFC 99, FULS, 1999.1 でも所されているよ 抜とすることができるのである。

Aは励起光阀101, 合波器102Aおよび光ファイバ 103をそなえて構成され、図20K示すラマン増幅器 100Bは図18に示すラマン増幅器100Aと同様の [0007]図18, 図20は従来のラマン増幅器を示 すブロック図であり、図19化示すラマン増幅路100 励起光頭101および光ファイバ103をそなえるとと **もに、光サーキュレータ102日をそなえて構成されて**

レン枯竜路100A, 100Bにおいた、豚起光波10 合波器102Aまたは光サーキュレータ102Bは 上述の励起光P,~P,を信号光S,~S,とは逆の方向で 光ファイバ103上に伝搬させる。これにより、信号光 | 02Aまたは光サーキュレータ | 02Bを通じて出力 [0008] ことで、この図19または図20に示すラ ~P. Kて後方励起されラマン増幅され、上述の合液器 S,~S,は、励起光頌101にて生成された励起光P, 1 は互いに異なる被長を有する励起光P,~P,を生成

この図21に示すように、信号光波長帯域と励起光 彼長帯域とが互いに聶在しないように被長が配置される [0009]また、上述のラマン増幅器100A, 10 0 Bにおける信号光S,~S,ねよび励起光P,~P,は、 図21に示すような波長配置の関係を有している。即

各

f4 = f2 + f3 - f1 ようになっている。

[0100]

にでが配置されるとともに彼長が心励起光成分がある場 たおよび いは 兵 子の 同波数である。 例えば 信号光 **ことで、f4は新たに発生する四光液偶合光の周波数で、** f4 = 2f3 - f2

クトルという場合がある) P.~P.のうちの一部の励起 では、M本の励起光の被長スペクトル(以下、単にスペ * 【発明が解決しようとする課題】とのような従来のラマ ン増幅器において、伝送容量のさらなる大容量化を図る **ためには、信号光波長帯域幅を拡大させることが必要で** あるが、このために、例えば図22に示すように信号光 および励起光がある帯域内に遠在させる配置とすること が考えられる。即ち、この図22に示す彼長配置におい ~S.のうちの一部の信号光のスペクトルS.~S.の帯 光のスペクトルP。.,~P.が、借号光のスペクトルS. 域内に混在した彼長配置となっている。

しているため、信号光波長と励起光波長が混在して配置 される帯域101bにおいては、信号光波長として配置 される彼長に、励起光の彼長スペクトルと広く重なって 励起光がある帯域内において混在させる配置とした場合 には、以下に示すような線形クロストークおよび非線形 クロストークによる伝送特性の劣化を引き超こすという 雰囲がある。すなわち、励起光P.~P.の彼長スペクト [0011]しかしながち、上述のことき信号光および ルは、図23におけるP=-,に例示されるように、中心 被長 P.、、の長彼長側および短彼長側に幅1018を有

ても、図23のように励起光波長の帯域が倡号光の帯域 の一部と重なっている場合には、励起光が信号光と同方 向に逃むため、励起光波長と重なり、上述の場合と同様 に稼形クロストークによって、信号光の光SA社を劣化さ 図20に示すラマン増幅器100Bと同様の後方励起に よろラマン増幅を行なうと、信号光と戯なった励起光波 長のレーリー散乱光が信号光と同一方向に伝搬すること により信号光の椎音光となり、椴形クロストークによっ て信号光の光Sv社を劣化させる。前方励起の場合におい [0012] この場合において、図24に示すようだ、

が非常に大きいため、信号光と励起光の間ねよび励起光 同士の間で四光波温合が生じる。具体的には、ラマン増 幅の励起光は信号光に比べると非常に大きいので、信号 光と励起光間で四光波混合が生じ、以下に示す非線形ク [0013] さちに、励起光に波長スペクトルが重なっ た盾号光は、以下のような非線形クロストークによって も光SN比が着しく低下する。すなわち、励起光パワー

に発生する光であり、以下の式(1)又は式(2)に示 [0014]四光波混合は、光周波数の混合により新た ロストークによる伝送特性を引き起こす。 女条件式を満足する(図25参照)。

3

な光が発生する。との波長何に借号光が配置されている 50 場合には、当該信号光の伝送特性の劣化を引き起こすこ 合においては、式(2)によって得られる波長4の新た

被組合により新たに発生した四光波組合光と既存の信号 る場合に、パワークロストークよりもはるかに大きな伝 権れた励起光式分の光パワーによって、上述のごとき凹 光波積合が発生することが考えられる。このような四光 米とのアート鎌音が光吹信盛のスーメンンド移域内パ人 [0015]上述のことき四光波混合光が発生する際の 既存の光パワー関値が非常に低い。即ち、中心波長から 送特性劣化を引き起こし、WDM伝送に大きな影響を与え る制限要因となる。

【0018】本発明はこのような課題に鑑み創案された もので、信号光および励起光がある帯域内に混在させる ークおよび非線形クロストークによる伝送特性の劣化を 配置として伝送容量の大容量化を図りつつ線形クロスト 抑制することを目的とする。

[0017]

配波長多重信号光の春域を含んで複数種類の波長が配置 手段とをそなえるとともに、散光调節にて生成された励 起光について、上記彼長多重信号光の彼長帯域内に配置 された励起光のスペクトル広がりを狭くして乾励起光供 給手段に出力するフィルタ手段をそなえて構成されたこ ン増幅器は、情報を載せた複数の信号光が彼長多重され 生成する光調都と、上記波長多重信号光および散光湖部 からの励起光を伝搬して上記波長多重信号光を増幅する 伝送路と、上記励起光を散伝送路に供給する励起光供給 【戦題を解決するための手段】このため、本発明のラマ **た波長多重信号光を増幅するラマン増幅器であって、上** されて、上記波長多重信号光を増幅するための励起光を とを特徴としている。

方面起光として上記伝送路に供給する第2光学手段とを と、散算2励超光環にて生成された上記算2励起光を後 ペクトル広がりが狭くされた上記第1励起光を前方励起 光として上記放長多重信号光に合波させる第1光学手段 は、数光頭部が、較液長多重信号光の波長帯域内に配置 された第2励起光を生成する第2励起光調とをそなえる とともに、故励起光供給手段が、数フィルタ手段にてス された第1個担光を生成して散フィルタ手段に出力する 第1励組光源と、飲波長多重信号光の被長帯域外に配置 【0018】また、上述のラマン増幅器は、好ましく そなえて構成することもできる。

[0019] さろに、酸光湖部が、酸波長多重信号光の 数長帯域外に配置された第2励起光を生成する第2励起 光湖とをそなえるとともに、数励起光供給手段が、酸フ 励起光とともに上記第2励起光を、後方励起光として上 記伝送路に供給する第3光学手段とをそなえて構成して 4ルタ手段にてスペクトル広がりが狭くされた上記第1 波長帯域内に配置された第1版起光を生成して散フィル タ手段に出力する第1励起光潮と、較彼長多重信号光の

路 [0020]また、本発明のラマン増幅器は、情報を載

えるとともに、較光調節にて生成される励起光の彼長に ついて可変制御する可変制御手段をそなえて構成された 幅するラマン増幅器であって、上記液長多重信号光の帯 域を含んで複数種類の液長が配置されて、上記波長多量 記励起光を散伝送路に供給する励起光供給手段と、上記 被長多重信号光および散励起光供給手段からの励起光を 伝撒して上配液長多遺信号光を増幅する伝送路とをそな せた複数の信号光が被長多重された被長多重信号光を増 信号光を増幅するための励起光を生成する光쟁部と、

上記励起光の波長について得引制御または変調制御する [0021] この場合においては、故可変制御手段を、 ように構成してもよい。 ことを特徴としている。

유

【発明の実施の形態】以下、図面を参照することによ り、本発明の実施の形態を説明する。 (0022)

る増幅器11c,13gとして、または伝送路ファイバ 12上に介装された光増幅器12aとして用いることが 図1は本発明の第1実箱形態にかかるラマン情幅器を示 Aは、情報を載せた複数の信号光S,~S,が波長多重さ れた被長多重信号光をラマン増幅するものであるが、こ のラマン増幅器1Aは、例えば、図2化示す光伝送シス テム10における光送信機11,光受信機13内におけ ナブロック図であるが、この図1に示すラマン博幅器1 (81) 第1英雄形態の説明 てきるようになっている。 2

18-n. E/0変換部118-1~118-nかちの 送信光信号について合被(被長多重)し、被長多重光信 ラマン増幅器 I cをそなえて構成され、ラマン増幅器 11 cでは合波器11 bからの波長多路信号光について [0023] ここで、この光伝送システム10の光送信 与として出力する合被器11b, および本発明にかかる 幾11は、複数種類の送信信号を電気信号から光信号に 変換するE/O (Electric/Optic)変換部118-1~1

읎

[0024] さちに、伝送路ファイバ12は、光送信機 | 1 と光受信機13とを接結し、光送信機11かち送出 される光信号について光受信機13K対して伝送するた めのものであって、この伝送路ファイバ12上には、本 発明にかかる少なくとも一つの(図2中においては5つ の) 増幅器12aが介装される。この増幅器12aによ り、伝送路ファイバ12を伝送される波長多重光信号が 中継増幅されて後段に出力されるようになっているので ラマン増幅して、伝送路ファイバ12に送出する。

ę

ついて分波器13b代て分波(波長分離)した後に、各 0/医変換部13c-1~13c-n化おいて電気信号 マン増幅器138をそなえるとともに、分波器13bね よび〇/医変換部13c-1~13c-nをそなえ、ラ マン増幅着13gにて受信物幅された波長多重光信号に [0025]また、光受信簿13は、本発明にかかるラ

3

特開2003-57891

【0028】ところで、この図1k示すラッンは倍容1 Aは、物価対象の改長多点光信号の帯域を含んで位数的知の彼長が配置された励起光を用いつつ部形クロストークおよび非確形クロストークなよる伝送特性の劣化を的制するため、詳細には光適等1 a、光フィルタ1 b、WDM会数長1 c。光サーキュレータ1 dおよび光ファイバ1 eをそなえて研成されている。 [0027] CCで、光圀部1aは、被母多益信号先の帯域を含んで複数位型の成長が配置されて、上記旋長多面信号光を増加するための固起光を生成するものであるが、この固砂光は、M本の等間隔に配送された波長スペクトル・P,を有してなるものである(以下、「固組光」に、当能節起光が有する波長スペクトルの記号P,~~P,を付して投記するとする)。

【0033】具体的には、光フィルタ1bは、各励超光

유

(0028)また、励起光P,~P。のうちの一部の励起光P。、~。の存域に高在するようになっている。これにより、P。近傍の波長を持つ回接地もだる。近傍の波長を持つ回程地域波長を持つ個号光が長波長を持つ個号光(P。近傍の波長ま作はS、近傍の波長を 持つ個号光(P。近傍の波長ま作はS、近傍の波長から研えれば100m 具接長間の波長をはない。近傍の波長をはS、近傍の波長から形光を変した何にある。近畿を引きの一次として作用する2段階のラマン原起を引き起こし、広部域化を実現できる。

[0034] 換言すれば、上述のてとき励起光波長とし

2

(0029)換おすれば、励起光としては、彼長多互信 号光S,~S,の改長帯域外化位数位到の改長 P₁₁、~P₁が配置されるともに、波長多重信号光S,~S,の改長 春域外に放政型の変長P₁、P₂が配置されている。とこうで、励起光P₁、P₂を指成する波長配置としては、例えば図3化示すように、波長1430m~1540m~12)配置されるともに、波長30m~1540底寸22を(M=12)配置されるともに、波長30m~1840底項する液長配としては、1530m~1840m項度の隔荷で、場上が表表を指成する原格で、1530m~1840m項度の原物で、1640匹配度の高数で、1530m~1840m項度の原列。

(0030)さちに、図3化示すように、励起光波長等 に宜なっている部分においては、上述のことを0.3n m程位の同居に信号光は配置せず、励色光波長を中心としてま2.5nm程度開発を2043。月体的には、励起光波長として設定される1640mの近傍の信号光波長として設定される1640mの近傍の信号光波及長辺から近に、1538、7nm、1537. 0nm、1543.2nm、「と改長配置することができるようになっている。

(0031)独自すれば、彼母多品信号光を招成する彼 民配宏としては、励起光波長帯(彼長1430nm~1 640nm)を100nm程度長級日間にシットした帯 頃(1530nm~1840nm)において、励起光波 县と直なる助みを協きの、3nm程度の回隔で配置する 一方、励起光波長として配定されている彼長位匿近傍に

ついては、当放波及を中心として±2.5nm程度関係

を空けて配置するようになっている。
「0 0 3 2 1 光フィルタ(ボフィルタ手段)1 b は、朔 えば節程体多目似にて指成され、弦都町 a にて生成された励起光について、談長多国信号光の改長帯域内に関 行きの地域もの後長スペクトル四周と同程度に狭くして後段のW D M 台談長スペクトルについて、中心教長を選出特性のフィル・対策を打して出立するものであり、

P...・P. (第1励起光)のスペクトルだついて、図4 に示すように、後長方向に単峰性又は周期的な特性を有 し、中心波長かち±1.25nmにおいて即圧比約30 dBの特性を有してもり、これにより、励起光スペクト ル信を暗号光スペクトルの間隔と同程度に低減させて、 ±2.5nm程度中心波長が超れて開接する信号地位分 もの数長スペクトルの図なりを低減さきるようになっている。 て配置されている彼長位置近傍における信号光光、等間隔距2される彼長位置の間隔よりらぬして配置することと、光フィルタ1 b による励起光スペクトルの広がりを狭める作用とによって、協助して信号光と励起光との致わる所用とによって、協助して信号光と励起光との最大の数 長春地外に配置された第2 0 回り光、で後述のことく彼長スペクトル広がりが映められた顔 起光(固結光のほどでは近のことく彼長スペクトル広がりが映められた顔 起光(固結光のほどのだりがで配置された第1 回起光) P 、、、 ~ P 、 と について合数(後見多数)するものである。 算1 光手段としての光サーキュレータ1 d は、彼長多豆された励起光P、 ~ P を伝送路としての光フィイバしゃに提出するものである。

[0035]とれにより、伝送路としての光ファイバ1 eは、上述の波長多は信号光S,~Ssおよび光サーキュ レータ1 dからの励起光を伝敬して、波長多度信号光を 投方面回によりランツ値はちもので、図2に行う光伝 送ンズチム10における伝送路ファイバ12に相当す る。在も、上述の平DM合液器1cおよび光サーキュレータ10により、励起光を伝送路としての光ファイバ eに供給する励起光供給非契として励能する。

[0038]上述の相似により、第1実施形態にかわる ラマン婚価器1Aにおいては、図2に示す光伝送ンステム10上における場場器11c, 13a、または伝送路フォイバ12上に介装された光増偏器12aとして適用されて、被長多位信号光5,~5,を励起光9,~9,のうちの一部の精域の励起光9,、~P,については上述の被長多立信号光5,~5,の帯域に函なっているが、当談帯域の図の 超光5,~P,については、光フィルタ1bによって改

長スペクトル伯が低減されて、信号光と励起光の点なりまな形は、アンス

(0031) 例えば、図2に示す光伝送システムの中韓 区間(解食する中韓均の器12間の光ファイバの長さ) を50km程度とし、中韓区間以同角の光SN比が約 40d 程程度とした場合に、レー・防風による光SN 比の劣に直を0、1d B以下とするには、レーリー放風 品は信号光パーに対して、57d B以下が必要とな る、改めたりの信号光パーを 9d B B 阿程度、 53 路入力における原起光パワーを 17d B B (約5m 財産とすると、随起光パワーと対するレーーが3 国は 82d B程度以下する必要がある。 国は 82d B程度以下する必要がある。

8

(0038) CCで、励品光剤に作される彼長春坳を 2.5nmとすると、励起光パケーは例えばー24d B、レーリー放乱品は 28d B環境となる。従って、 上述の図4 に示すように、中心彼長のヒークパケーより 全値2.5nmにおけるパケーを - 30d B環境小さく すれば、レーリー飲乱による先SN比の劣化口を 0.1 d B以下に別えることができる。 [0039] このように、本列明の解り結構を認にかかるラマン均相器 I A によれば、信号光および励起光がある得域がに属在させる配置としつつ、光フィルタ I b によって各励起光の波長スペクトル相を絞くして、信号光成分と励起光成分との波長の山なりを低減させることができるので、被形クロストークおよび非複形クロストークによる信号光の光 S N比の劣化を抑圧することができる料き、伝送容瓦伝送特性の劣化を抑制することができる料き、伝送容瓦伝送特性の劣化を抑制することができる料

【の040】なお、上述の第1英指形部において、彼長 多宜信号光の彼長部域内に配置された励起光P。...~P。 については、少なくとも1彼が配置されていればよく、 また、複数彼の図過光を配足してもよい。 (a2)第1実結形態の第1度形成の関明

えて俳成してもよい。 【0042】なお、上述の光フィルタ1ba, 1bbの 配品図序としては、図5に示すものに限定されるもので はなく、光フィルタ1bbを光フィルタ1baの前段に

替行方向に対して水平配囚した光フィルタ1bbをそな

9 1で、信号光と励起光の立なり 田口するように指成してもよい。また、上述の格品方向

9

(0043) このような切成のラマン切両国1A-1K よれば、印光放存性の解けされた光フィルタ1b Kよっ て、前述の第1英語形態におけるものと同様の利益が印 られるほか、励風光の現光放存性を探消することがで 8、 国母光の初回性館の表定度を向上させることができ

|モジュール化して俗成するにとも、もちろ人可値であ

が互いに80度異なる2つの配配体多回限については、

衛閥2003-57691

(a 3) 卸1英格形品の抑2変形物の限期 図6は本発明の抑3変施形品の抑2変形例にかちラマン的電音1A-2を示すプロック図でもり、Cの図6K 示すラマン的電音1A-2は、原達の図1kデすもの (特号1Aを照) kth.C、 随起光による随短環故が開 なったものであり、光フィルシ1bにより、複反多品間 母先の数点帯域内に配にされた風域光のスペクトル広が りを狭くすることができる点については四数である。 (0044) すなわち、Cの図6kデオランが相位目 A-2は、参加には、-1。-2、キュルカ1

(0045) さちた、卯1 励極光面としての光弧節18-21被長多盆宿号光の液長帯境内に配立された第16億光下...~P.を生成して光フィルタ1bに出力するのであるが、光フィルタ1bは、この光弧節18-2からの各面超光P...~P.の波長スペクトル包を終くして、信号光成分との液長の口なりを低減させるようにな

っている。 (0048)また、台被囚1fは、光フィルタ1bにて 彼女スペントル塩が挟くされ届号光坊分との彼長の豆な りが低減された各回位果P.,..ヘア。と、伝送すべき佰号 光S.,~S. とを台渡して、光ファイバ1eに出力する のである。なも、励起来P.,~~P。の圧殴方向は囚号 S.~S.の丘波方の上回一の方向である。後日すれば、 励起来P.~~P. によって倡号光S.~S.を自方回封 (0047)したかって、上述の合波器 | ft、光フィルク | レクリトにスペットル広がりが終くされた第1回結光を前方の配送として後長多の個母光に合欲させる知る光の 学年段として協能し、光サーキュレータ1dは、光質師

€

S

光が増幅されるが、光フィルタ1bにより、信号光と励 **超光を合波する前段において、励極光スペクトル幅を挟** くして、信号光成分と励起光成分の故長重なりを低減さ [0048] このような構成により、図6に示すラマン P。および前方励起用の励起光P。、,、~P。によって信号 普幅器1A−2においては、後方例起用の固起光P.~~

合波器 I d – 2 を用いて構成してもよく、このようにし の機能部分を、光サーキュレータ1dの代わりKWDM 母光の光S N比劣化を抑圧することができ、伝送容量伝 た、上述の図8 に示す場合のほか、図7 に示すラマン増 幅器1A-3のように、光顔断18-1かちの励起光P ,~P。を光ファイバ! eに供給する第2光学手段として 【0048】したがって、第1実植形態の第2変形例に **梅形態の場合と同様に、励起光のレーリー散乱による僧** 送特性の劣化を抑制することができる利点がある。ま ても、上述のごとき利点を得ることができる。

[0050]さらに、図2に示す中椎増幅器128また 幅器12gにおいては、中継増幅器12gにおける信号 光の増幅のために、光送信機11内に光謨師18-2お は光受信機13の増幅器13aとしてラマン増幅器1A -2.1A-3を用いる場合においては、光쟁郎1a-例えば、伝送路上において最も光送信機11側の中椎増 2を前段の送信剛技置に散けるように構成してもよい. よび光フィルタ1bをそなえて構成してもよい。

信号光の帯域を含んで複数種類の波長が励起光として配 光ファイバ 1 e ねよび周波数掃引回路2をそなえて構成 図8は本発明の第2 実維形態にかかろラマン増幅器1B を示すブロック図であり、この図8に示すラマン増幅器 Bは、前述の第1実施形態の場合と同様に、波長多重 置されて、SN比を低減させなから広帯域のラマン増幅 を行なうことができるものであって、光原部18-1. 1a-2, WDM合被器1c, 光サーキュレータ1d, (b1) 第2英施形態の説明

図9に示すように、電流によって駆動されてレーザ の励起光澈と、励起光版からの励起光を合放する合被器 【0051】ここで、第2英祐形態にかかろラマン増幅 会照) に比して、光フィルタ1 bを光サーキュレータの 前段に介装せずに、彼長多重信号光の帯域内に配置され た励起光の波長について掃引する周波数掃引回路2をそ なえている点が異なっている。また、第2実施形態にお 例えば励起光のとして彼長配置される本数 (M-P) 分 器1Bは、前述の第1実施形態におけるもの(符号1A けるラマン情幅器1Bの光顔部18-1,18-2は、 とをそなえて俳成されている。更に、励起光湖としては、図りに示すように、電流によって駆動されてレー されている。

光を発光するLDチップ3.LDチップ3Kて発光され たレーザ光を集光して後段の光ファイバ5に供給するレ ンズ4およびファイパグレーティング都ちaを有してな る光ファイバ5をそなえて構成されている。

ることにより、ファイパグレーティング部5aKて特定 反射部材3 bがそれぞれコーティングされている。 これ により、光冽部1a-1, 1a-2では、LDチップ3 パグレーティング都5 B との間の光路間において共協す [0052] さちに、レンズ4回のLDチップ3の韓国 **には無反射部材3aが、レンズ4の反対圏の槍固には髙** にて発光されたレーザ光が南反射部材3bねよびファイ の周波数の励起光を出力できるようになっている。

CCで、周波数掃引回路2は、光源部18-2にて生成 [0053]なお、ファイパグレーティング部5mの伸 協動作業たは曲げ動作や、ファイパグレーディング部5 A の部材温度を制御することによって、グレーティング 5 a を構成するグレーティングの関隔を変化させ、出力 される励起光の周波数を変化させることが可能である。 2

aは、ファイパグレーティング部58の伸張制御による される励起光の彼長について可変制御する可変制御手段 【0054】 このファイバグレーディング伸級制御部2 として機能するものであって、例えば図10 (a) に示 すように、光頭部18-2におけるファイバグレーティ ング部5 a を伸張制御するファイバグレーティング伸張 **刻御節2 8 により構成されている。**

相当する周波数分、励起光周波数を線形に増加制御する した時点までの間に、例えば0.3nm程度の波長登に **が光ファイバ1 e(伝送路ファイバ1 2)を通じて次段** の装置 (中駐増幅器128または光受信機13) に到達 ーティングを伸張制御することにより、例えば図11に なわち、この図11に示すように、励起光周波数を補引 することによって、ファイバ長手方向における励起光周 被数を変化させる。具体的には、ファイバグレーティン グ伸張制御部2 a による制御を通じて、最初に被長多重 **帽号光を送信した時点から、当散最初の改長多重倡号光** 出力励起光の波長変化の特性を利用して、ファイパグレ 示すように励起光を掃引制御するようになっている。 ようになっている。 유

概合光と重なることを低減することができる。例えば励 母光としては図12に示すようなスペクトルを有してい 2の符号A会照)は約0、3nmであり、励起光掃引屑 改数はモード間隔以下の0.3ヵm以下とすれば、解接 (0055] さちた、ファイバグレーティング申扱制御 部2gによる励起光の得引周波数としては、励起光のそ **一ド間隔よりも小さくなるように数定されており、これ** により、掃引した場合に隣接モードにより生じる四光波 5. この図12に示す励起光のモード間隔(例えば図1 eードにより生じる四光波渦合を低減することができ [0058]上述の構成により、本発明の第2契結形態 S

ន 当数帯域の励起光P...~P.について周波数の掲引を行 の一部の帯域の励起光P...、~P.については上述の波長 なって、同一の彼長に四光波混合光が発生するのを抑圧 することができるため、四光波混合光による波形劣化を ステム10上における増幅器11 c, 13a、または伝 によってラマン増信する。また、励起光P,~P。のうち 多重信号光S,~S,の帯域に重なっているが、周被数掃。 引回路2としてのファイバグレーティング仲級制御部2 にかかるラマン増幅器においても、図2に示す光伝送シ **送路ファイバ12上に介抜された光増幅器12aとして** 適用されて、彼長多度信号光S,~S,を励起光P,~P。 Bによるファイパグレーティングの伸張制御を通じて、

2 レーティング伸張制御部2gによるファイパグレーティ について周波数の掃引を行なって、同一の波長に四光波 祖合光が発生するのを抑圧することができるため、四光 被組合光による波形劣化を低減して光SN比の劣化を抑 圧することができ、伝送容量伝送特性の劣化を抑制する [0057]なお、上述の励起光周波数を増加させる基 軍となる周波数としては、前述の第1実殖形態の場合励 **超光Pa,,,∼Paとして配置される周波教を基準として±** このよろに、本発明の第2実施形態にかかるラマン増幅 器 1 BKよれば、周波数掃引回路3としてのファイバグ ングの存服制御を通じて、当数符扱の配起光 Bass~Ba 0. 15nm程度の範囲で変化させることが好ましい。 ことができる利点がある。

2を、例えば図10 (b), 図10 (c)または図10 (d) KボすようK構成してもよく、CのようKしても **ィング部58を伸環制御することにより、光感部18-**か、本発明によればこれに限定されず、周彼数掃引回路 [0058] なお、上述の第2実館形態にかかるラマン パグレーチェング伸張制御部2 a にてファイパグレーデ **増幅器1Bにおいては、周波数掃引回路2としてファイ** 2 化て生成される励起光の周波数を可変制御している 【0059】すなわち、周波数掃引回路2を図10 上述の第2実施形態の場合と同様の利点が得られる。

温度制御部2 bによるファイバグレーティング部5 aの aを構成するグレーティングの閩陽を変化させ、出力さ れる励起光の周波数を前述の図11と同様に変化させる (b) に示すファイパグレーティング温度制御部2bに より構成することにより、このファイバグレーティング 町材温度の制御を通じて、ファイパグレーティング部5 oca5.

[0060]また、周被数変換回路2を図10(c) K 示すファイパグレーティング曲げ制御部2cにより構成 部2cKよるファイパグレーティング部5aの曲げ戦御 を通じて、ファイバグレーティング部58を構成するグ レーティングの間隔を変化させ、出力される励起光の周 することにより、このファイバグレーティング曲が耐御 放散を前述の図11と同様に変化させるのである。

って、出力される励起光の周波数を前述の図11の場合 0 (d) に示すようにチップ遺度制御部2 dにより構成 ンでもよい。即ち、チップ温度制御部2dにより光湖部 la-2のLDチップ3の御材温度を制御することによ [0061] さちに、周波数変換回路2としては、図1 と同様に変化させることができるのである。

LDチップ3A. レンズ4および光ファイバ6Aをそな て、光湖部18-1, 18-2は、配置される励起光周 放数の数に応じて設けられた励起光调および合波器をそ 上述の第2実施形態にかかろラマン増幅器1Bにおい なえて構成されているが、との励起光頭の構成として は、図9の構成のほかに、例えば図13に示すように、 (162) 第2実植形態の第1変形例の説明 えて構成することもできる。

気減することができる.

光がLDチップ3A内において共協することにより、光 ファイバ5 Aにて特定の周波数の励起光を出力できるよ るLDチップ3Aの活性圏にはグレーティング3cが形 成され、このグレーティング3cにより、前述の図8に おけるファイパグレーティング部5と同様の機能を持た [0082] ここで、この図13に示す励起光濃におけ せている。即ち、LDチップ3AKて殆光されたレーザ **シ**になっている。

する周波数掃引回路2としては、例えば図14(8) 化 この駆動電流制御部26は、光顔部18-2を構成する 励起光源7のLDチップ3Aの駆動電流を制御するもの であり、これにより、例えば前述の図11の場合と同様 [0083] この図13に示すような固起光源をそなえ トなる光波部18-2からの固想光超波数

だって、

ないた

は

は

ない

に

は

と

は

と

は

と

に

は

と

に

に

は

に<br **示す騒動電波劇御御2 eにより構成してもよい。即ち、**

[0064] さちに、光凛部18-2からの励起光周故 数について締引する周波数掃引回路2としては、図14 (a) に示すもの (符号2 e参照) のほか、図14 に励起光を掃引できるようになっている。

(b) に示す温度制御部2fにより構成してもよい。即 ち、この図14(b) 化示す温度制御部2 fは、上述の LDチップ3Aの部材温度を制御するものであり、これ により、例えば前述の図11の場合と同様に励起光を掃

発生するのを抑圧することができるため、上述の第2英 **行なうことができるので、同一の波長に四光波温台光が** て、8は光線部18-2を構成する合液器である。した 制御部21による制御を通じて、改長光多重信号光と帯 域が現在する励起光P。.,,~P。について周波数の掃引を [0085]な私、図14(a), 図14(b) 化おい 被数掃引回路2としての配動電流制御部26または温度 がって、このような構成のラマン増幅器においても、 **拡形態の場合と同様の利点を得ることができる。** 引できるようになっている。 ŧ

図15は本発明の第2実施形態の第2変形例にかかろう マン増幅器1B-2を示すブロック図であり、この図1 (b3) 第2実施形態の第2変形例の説明

ව

存職2003-57891

5に示すラマン格福盛1B-2は、前送の図8に示すも の(符号1日参照)に比して、昭起光による固担観技が 異なったものであり、周波数掃引回路2の配置もこれに

併って街道の図8と舞なっている。

[0068] CCで、Cの図6に示すラマン物価器1B -2は、恒逆の図7に示すものと回復に、第1励起光P *,,~P*は前方固組先とする一方、却2励起光P,~P。 |8-2が配置されている。なお、図15中、図7又は 図8と周一の符号は、ほぼ四様の即分を示している。 C **Cで、光数部18−2を構成する個粒光数については値** 近の図9の場合と町様に構成され、周波数掃引回路2に ついては存送の図10(a)に示すファイバグレーティ ング仲徴料的部2aにより構成される。これにより、フ ナイバグレーティング部5 Bの存取財政による出力函数 先の彼長変化の特性を利用して、例えば図11に示すよ **ろに回起光が場引されるようにファイバグレーティング** については役方励起光とするように、光函部1a-1. を存扱質的できるようになっている。

彼数を得引した時のファイバ民手方向における励起光周 [0067] すなわち、図11に示すように、励起光周 彼数を変化させる。 挽旨すれば、ファイパグレーティン グ伸斑剤御部2 a による制御を通じて、最初に徴長多数 個母光を送信した時点から、当散最初の波長多瓜信号光 が光ファイバ1 e(伝送路ファイバ1 2)を通じて次段 の装歴 (中駐増幅器128または光受信機13) に到達 した時点までの回に、例えば後述するように0.3nm 程度の彼長袋に相当する周波数分、励起光周波数を復形 **に毎百姓回するようになっている。**

[0068] このような構成により、図16に示すラマ 回路2 としたのファイバグレーティング存取製画部2 B 合光が発生するのを抑圧することができるため、四光波 長多庶倍母先をラマン増加する。 このとき、周波数掃引 **により、 砲組光を梅引灯倒して、 回一の波根に四光波弧** ン増信器1B-2においては、後方例起用の励起光P, ~P。および前方励起用の励起光P。..、~P。 によって波 商合光による波形劣化を低減させている。

させている。

かかるラマン博信器IB-2においても、前述の第2英 部Saにより、励起光を移引制御りて、四一の徴長に囚 化を切圧することができ、伝送容量伝送特性の劣化を抑 【0088】したがって、許2英値形態の許2変形例に **植形態の場合と同様、ファイバグレーティング仲既制御** 四光波路台光による波形劣化を低減させて光SN比の劣 光波配合光が発生するのを抑圧することができるため、 餌することができる利点がある。

S f 協合のほか、合波器 1 d – 2 としての機能を光サーキ 2 aのほかに、前述の図10(b)~図10(d)また は図14(8).図14(b)に示すように構成しても よい(存号25~2「会照)。また、上述の図15に示 図10 (a) Kiドナファイバグフーティング 毎徴 灯智部 【0070】なお、上述の国波数福引回路2としては、

(0071) さちに、図2に示す中枢増幅器12aまた ュレータ14(図8参照)を用いて構成してもよく、こ のようにしても、上述のごとき利点を得ることができ

は光受信機13の増幅器13aとしてラマン増幅器1A 幅器12においては、中駐増幅器12における信号光の 植幅のために、光送信機11内に光数部18-2ねよび -2, 1A-3を用いる場合においては、光쟁部1a-列えば、伝送路上において最も光送信簿11厨の中駐増 2 を前段の送信便接置に散けるように構成してもよい。 **周波数掃引回路2をそなえて構成してもよい。**

図18は本発明の第3英施形態にかかるラマン増幅器 (c) 第3英施形館の杭明

ト以外の様成については、図8の場合と基本的に回換で Cを示すプロック図であり、Cの図1BK形すシャン博 福器10は、前途の図8に示すラマン増福器1Bに比し て、励起光周波数を変化させる慇馥が異なっており、そ

[0072] すなわち、この図16に示すラマン増福器 -2が配便されている。なお、図16中、図8と同一の 10においては、前述の図8に示すラマン増幅器1Bと B - 2を様成する函組光数については前述の図9に示す P.を後方励起光とするように、光版即1a-1, 1a 符号は、ほぼ同様の部分を示している。また、光微部1 同様に、第1励起光P。,,~P。ねよび第2励超光P,~ 成を有している。 2

(a) Kドナファイバグワーティング存取包御部2aK より構成される。これにより、光顔部18-2を構成す 閥)を仲旣制御して、図17亿示すよりに励起光を変算 【0073】 ここで、周波数変調回路2Aは、光瀬部1 B-2KK生成される固細光の波及K シント可変制御す る可変制御手段として機能するもので、前述の図10 る励起先級のファイバグレーティング部5 g (図9参

が光ファイバ1 e(伝送路ファイバ1 2)を通じて次段 放散を変化させる。 換君すれば、ファイバグレーティン グ仲摂制御部2aによる制御を通じて、最初に彼長多重 間号光を送信した時点から、当散最初の被長多重信号光 の装置 (中穂19幅器 12 8 または光受信機 13) に到達 した時点までの間に、例えば0.3ヵm程度の波長巻に 【0074】 すなわち、図11K示すように、励超光圀 徴数を変調した時のファイバ段手方向における固起光題 相当する周波数分で、励起光周波数を正弦波変調制御す るようになっている。

Cは、正弦波のほか、三角波等のCとく周期的に励起光 図15にボナシャン協信題1B-2においては、街方房 【0075】なお、上近の励担光周波数の変類態様とし 国用の励起光P,~P。および後方励起用の励起光P。., ~P. によって改長多重信号光をラマン増幅する。 この を変調するものであればよい。このような構成により、

とき、風波散攻型回路2Aとしてのファイバグレーディ て、同一の波長に四光被隔合光が発生するのを抑圧する ング存

位

の

の<

ことができるため、四光波磁合光による波形劣化を低減

グレーティングの存留制御を通じて、当教等権の励却先 [0078]また、光樹即1a-2Kで生成される励起 の符域に重なっているが、国政教室間回路2Aとしての ファイバグワーティング仲毀紅御部2 a K よるファイバ P... ~ P. について周波数の正弦波変唱を行なって、回 一の波長に四光波混合光が発生するのを抑圧することが できるため、四光波電台光による波形劣化を低減すると 光Pe.i~Peについては上述の改及多点信号光Si~S。

2 に示す励起光のモード国路 (例えば図12の符号A 参 りも小さくなるように設定することにより、得引した場 を低減することができる。例えば励起光としては前述の 間)は約0.3nmであり、励超光変問題波数を上述の **どときモード間隔以下の0.3nm以下とすれば、軽撥** [0011]さらに、上述の家園周波数はモード回路よ 台に隣接モードにより生じる四光液組合光と重なること 図12に示すようなスペクトルを有している。この図1 モードにより生じる四光波器合を低減することができ

る彼形名化を函模させて光SN比の劣化を即圧すること 情信器1 Cにおいても、前述の第2 英権形態の場合と同 様、ファイパグレーティング伸鋭刺節節2mにより、励 □光を変調制御して、同一の波長に四光波混合売が発生 [0078]したがって、従3英格形態にかがもシャン するのを抑圧することができるため、四光波扇合光によ かでき、伝送容量伝送特性の劣化を抑制することができ

5利点がある。

B-2からの励起光(波長多重信号光S,~S,の結域に **私なっている励起光)を前方励起光として用いるように** [0080]また、上述の第3英植形態においては、周 **警幅器1Cにおいては、励起光P,~P。を役方励起光と** してもよく、このようにしても上述の第3英銘形態の場 彼頃合光が発生するのを哲圧できる限りにおいて、その 色の変調手法を用いることも可飽である。さらに、上述 r イパグレーティング伸張制御部2 a のほかに、前述の [0078]なお、上述の第3英指形態にかかろラマン して用いるように構成されているが、本発明によればこ 放数変調回路2 Aによる変調節機として正弦波変調を行 なり既にしいたにしたが、少なくとも回一の彼似れ四光 の周波数変質回路2Aとしては、図10(8)に示すフ hに限定されず、例えば図18K示すようK、光道部1 図10(p)~図10(d)または図14(a). 図1 4(b)に示すように構成してもよい(符号2b~2 f **含と回様の利点が得られることはいうまでもない。**

梅間2003-57891

[0081]また、上述の図15に示す場合のほか、合 **数母1d-2としての数額を光サーキュレータ1d(図** 上述のごとき利点を得ることができる。 さらに、図2に aとしてラマン増幅器1A-2, 1A-3を用いる場合 示す中様増幅器128または光気信機13の増幅器13 るように俳成してもよい。例えば、伝送路上において最 6光光信徴11郎の中様増幅器12においては、中鉄増 内に光初節18-24よび周波数度間回路2Aをそなえ Kおいては、光数節1a-2を創取の過程回数面に設け **48番12における信号光の増和のために、先送信録11** 8参照)を用いて値成してもよく、このようにしても、 た舗成してもよい。 2

(4) かの街

2. 周波数変調回路2Aによる移引対数,変数約額を行 とも四一の放長に四光波臨合光が発生するのを即圧でき 上述の第2、第3英雄形態においては、周波数4号回路 5限りにおいて、公包の原因先可交回御手技を用いるに なり場合にしいて群逆したが、本発明によれば、少なく とも可能である。

複数の場合について群逆したが、本処明によれば、少な <とも一本の回信光が波及多点倍与光S,~S。の存扱に</p> 祖在していればよく、このような場合においても、各英 **歯形態の場合と回接の利点がある。さらに、第1ないし** 間母光符成の外にある励起光P,~P。と、 間母光の特徴 [10082]上述の各実施形態においては、彼長多無信 母光S,~S。の存場に指在する励起光P。..、~P。として 第3 契約形態では、ランソ階値を行なり伝送路に対して の中にある母担光P.,,~P.とを図28(c)、(d) の図像で数型したが(図中においてはP,-P。, P。., ~P.と表記)、図28(a), (b), (e)ないし (i)のような励起光波の配置関係でもよい。 2

Cirt ように毎旬光P. ~P. 及び原始光P...、~P. につ P,~P。を後方励起光とし励起光P。..,~P。を前方励起 P,~P。及び励起光P。..、~P。について役方励起光を用 いて前方励起光を用いることとしたり、図28(b)に 「O」で示すように固組光P,~P,を向方励組先とし即 においては、図28 (c) に「O」で示すように励起光 先としたり、図28(d)に「O」で示すように配쉂光 [0083] すなわち、上述の知1ないし如3契値形態 いることとしているが、この他、図28 (a) K 「O」 **団光P。.,∼P。を後方励組光としたりすることができ**

図28 (g) K [O] で示すように動処光P,~P。を倒 [0084] さちに、図28 (e) に「O」で示すよう に励起光P,~P。を修方及び役方励起光を用いつつ励起 「O」で示すように励起光P、~P。を前方及び後方励起 方励組先とし励起光P。.,~P。を前方および後方励超光 を用いることとしたり、図28(h)に「〇」で示すよ 光P。.,~P。を何方函極光としたり、図28(1)に 先を用いつつ励起光P。,,~P。を後方励起光としたり.

梅間2003-57691

[0085]また、上述した実施形態に関わらず、本発 各英雄形態によって、本願発明にかかるラマン増幅器を 別の母旨を逸脱しない範囲において種々変形して実抽す ることも可能である。さらに、上述のことく関示された したりすることもできる。

組光について、上記液長多重信号光の波長帯域内に配置 手段とをそなえるとともに、数光쟁部にて生成された励 された励起光のスペクトル広がりを狭くして眩励起光供 給手段に出力するフィルタ手段をそなえて構成されたこ (付記1) 情報を載せた複数の信号光が波長多重され た波長多重信号光を増幅するラマン増幅器であって、上 配波長多度信号光の帯域を含んで複数種類の液長が配置 されて、上記波長多取信号光を増幅するための励起光を 生成する光頌部と、上記波長多重倡号光および散光想部 からの励起光を伝搬して上配波長多筮佰号光を増幅する 伝送路と、上記励起光を紋伝送路に供給する励起光供給 とを特徴とする、ラマン増幅器。 (e) 在記

第1個相光と、紋第2励組光쟁からの上配第2励組光と [0088] (村記2) 散光瀬部が、散波長多重信号 光の波長帯域外に配置された第2励起光を生成する第2 挨フィルタ手段にてスペクトル広がりが狭くされた上記 を合彼する合彼器と、数合波器にて合彼された励起光を 後方励起光として上記伝送路に供給する第1光学手段と をそなえて構成されたことを特徴とする、請求項1記載 光の彼長帯域内に配置された第1節起光を生成して散プ 4ルタ手段に出力する第1励起光源と、散波長多重信号 励起光似とをそなえるとともに、散励起光供給手段が、 のシレン製館路。

散フィルタ手段にてスペクトル広がりが狭くされた上記 彼させる第2光学手段と、財第2励起光爾にて生成され **た上記第2励起光を後方励起光として上配伝送路に供給** する第3光学手段とをそなえて構成されたことを特徴と **第1励起光を前方励起光として上配波長多重信号光に合** 光の彼長帯域外に配置された第2励組光を生成する第2 [0087] (付記3) 較光顽部が、較被長多重信号 4ルタ手段に出力する第1励起光滅と、骸波長多重信号 光の彼長帯域内に配置された第1励起光を生成して酸フ 励起光湖とをそなえるとともに、眩励起光供給手段が、 する、付記1記載のラマン増幅器。

めの励起光を生成する光顔部と、上配励起光を敗伝送路 であって、上記波長多異信号光の帯域を含んで複数種類 の波長が配置されて、上記波長多重信号光を増幅するた [0088] (付記4) 惰報を載せた複数の倡号光が 彼長多虫された波長多重信号光を増幅するラマン増幅器

数部にて生成される励起光の波長について可変制御する **戴信号光を増幅する伝送路とをそなえるとともに、該光** び散励起光供給手段からの励起光を伝搬して上記波長多 に供給する励起光供給手段と、上記波長多重信号光およ 可変制御手段をそなえて構成されたことを特徴とする、 カレン価価略。

[0089] (付配5), 核可変制御手段が、上記励起 光の波長について掲引師御または変調制御するように構 成されたことを特長とする、付配4配載のラマン増幅

ន

収造することは可能である。

(村配8) 散光フィルタ手段が、上記励起光のスペク するように構成されたことを特徴とする、付配1配載の トル広がりを上記各借号光のスペクトルと同程度に狭く ルシン雑館職。

【0090】(付記7) 散光フィルタ手段が、偏光故 存性を打ち消しあう方向で直列に配置された光フィルタ により構成されたことを特徴とする、付配1~3ねよび 8のいずれか一項記載のシャン増幅器。

(付記8) 上記励起光が、上記被長多重信号光の被長 **に、餃光フィルタ手段が、上記励起光の配置間隔に対応** した周期的なフィルタ特性を有するように構成されたこ とを特徴とする. 付記1~3, 8ねよび7のいずれかー 帯域内に複数種類の液長が周期的に配置されるととも

りも小さくなるように設定されたことを特徴とする、付 [0091] (付記9) 酸可変制御手段よる上記励起 光の楕引または変調の周波数を、励起光のモード関隔よ 項的数のシャン増幅器。

(付記10) 上記励起光が、上記改長多重信号光の改 長帯域内に複数種類の液長が配置されるとともに、上記 被長多重信号光の彼長符成外に複数種類の彼長が配置さ れたことを特徴とする、付配1~9のいずれか一項記載 配5 記載のラマン増幅器。

のシレン増幅器。

クロストークおよび非線形クロストークによる信号光の 光SN比の劣化を抑圧することができ、伝送容量伝送特 光がある帯域内に混在させる配置としつつ、各励起光の との波長の単なりを低減させることができるので、線形 **個器によれば、フィルタ手段により、信号光および励起** 被長スペクトル帽を挟くして、信号光成分と励起光成分 【発明の効果】以上群述したように、本発明のラマン増 (0082) \$

[0093]また、可変制御手段により、同一の被長に め、四光波積合光による波形劣化を低減させて光SN比 の劣化を抑圧することができ、伝送容量伝送特性の劣化 四光被鴰合光が発生するのを抑圧することができるた 生の劣化を抑制することができる利点がある。

を抑制することができる利点がある。 【図面の簡単な説明】

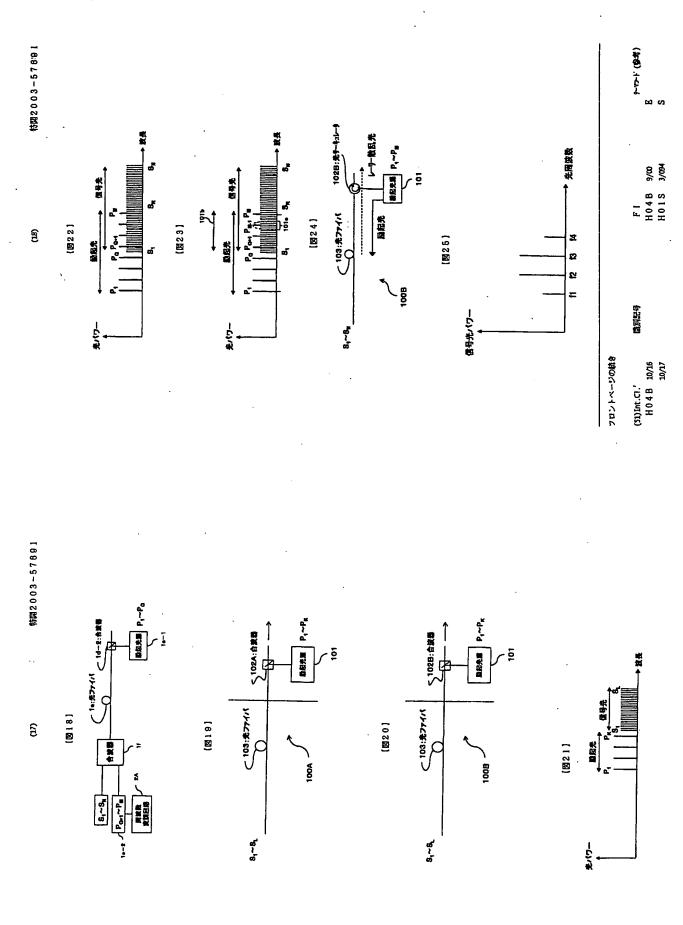
【図1】本発明の第1実施形態にかかるラマン増幅器を 示すプロック図である。

|図28| (a) ~ (i) はいずれも本実施形態の変形 13c-1~13c-n O/E変換部 ファイパグレーティング曲げ制御箱 E/ON数数部 ファイバグレーティング温度制御部 2a ファイパグレーティング伸張傾倒 12 伝送路ファイバ (光ファイバ) 28 中様増幅器 (ラマン増幅器) 1004,1008 ラマン増幅器 3, 3A LD(Laser Diode)≠ップ a, 1a-1, 1a-2 光湖部 1b, 1ba, 1bb 光フィルタ 5a ファイパグレーティング部 118-1~118-n 2, 1C ランン増幅器 1d-2 WDM合波器 チップ温度制御部 11c ラマン増幅器 ルレン権結婚 Id 光サーキュレータ ,5A #7711 0 光伝送システム 2 e 配動電波制御部 2 A 周被数变椭回路 30 グレーティング 102A 合液器 1f WDM合液器 01 励起光源 1c WDM合波器 2 風波数掃引回路 温度制御部 3.8 無反射部材 3 b 高反射部材 130 分液器 10 光ファイバ 11 光迷母類 11b 合被器 | 励起光期 (符号の説明) アメ 0 1 b **p** 2 ပ 2 2 **4** 2 유 る配置としてラマン増幅を行なった場合の、レーリー散 [図22] 信号光および励起光をある帯域内に現在させ [図23] 信号光および励起光をある帯域内に遺在させ [図24] 信号光および励起光をある帯域内に温在させ 【図18】 第3実施形態の変形例にかかるラマン増幅器 [図21] 従来のラマン増幅器における信号光および励 【図11】第3実施形態におけるラマン増幅器の変調制 【図18】本発明の第3実施形態にかかるラマン増幅器 【図7】 第1実施形態の第3変形列にかかるランン増幅 【図10】(a)は第2実施形態における光쟁部の要部 【図11】第2実施形態におけるラマン増幅器の構引制 【図12】励起光のモード間隔を説明するための図であ 【図13】第2実施形態の変形例におけるラマン増幅器 [図14] (a), (b)はいずれも第2実施形態の変 【図15】 第2実施形態の変形例にかかるラマン増幅器 を示すプロック図、(b)~(d)は第2実施形態の変 【図B】 第1英細形態の第2変形例にかかるラマン増幅 【図8】本発明の第2実施形態にかかろラマン増幅器を 【図9】 第2実施形態におけるラマン増幅器を構成する [図19] 従来のラマン増幅器を示すブロック図であ [図20] 従来のラマン増幅器を示すブロック図であ 【図5】第1奥施形態の第1変形例にかかるラマン増幅 [図2] 本実施形態にて適用される光伝送システムを示 【図3】励起光および一部の信号光の彼長配置例を示す 形例における光顔部の要部を示すブロック図である。 形例における光濃部の要部を示すブロック図である。 を構成する光源部の異都を示すブロック図である。 [図4]光フィルタの特性を示す図である。 **趋光の波長配置の関係を示す図である。** 光쟁部の要部を示すブロック図である。 5配置とした例を示す図である。 る配置とした例を示す図である。 **部を説明するための図である。** 阿を散明するための図である。 器を示すプロック図である。 器を示すプロック図である。 器を示すプロック図である。 を示すブロック図である。 を示すプロック図である。 を示すブロック図である。 示すプロック図である。 -ブロック図である。

列としてのラマン増幅器の励起路機を説明する図であ 1A, 1A-1, 1A-2, 1A-3, 1B, 1B-1028 光サーキュレータ 103 光ファイバ [図25] 四光波混合が発生する波長配置を説明する図 4.光の影響を説明する図である。

多機能印刷 FinePrint 2000 試用版 httn://www.nsd.co.in/share/

多機能印刷 FinePrint 2000 試用版 http://www.nsd.co.jp/share/



多機能印刷 FinePrint 2000 試用版 http://www.nsd.co.in/shara/

(EE)

F ターム(食料) ZKOOZ AAOZ AB30 BAOI UNIO EA30 CAOZ HA3 SFO72 AKO6 JJ20 PPO7 QQ7 YY17 SFO73 AAG2 AAB3 AB25 BAOI SKOG2 AAG1 AAO3 AAOG BAOZ CAOI . CAO2 CAO3 CAO3 DAOZ FAOI 10/18 H 0 4 J 14/00 14/02

多機能印刷 FinePrint 2000 試用版 http://www.nsd.co.jp/share/